

Request Form for Translation

J. S. Serial No. : 10/075,249
Requester's Name: Marianne L. Padgett
Phone No. : 308-2336
Fax No. : 872-9689
Office Location: CP3-10D05
Art Unit/Org. : 1762
Group Director: 2
Is this for Board of Patent Appeals? NO
Date of Request: 9/26/03
Date Needed By: ~3 months ~12/20/03
Please do not write ASAP-indicate a specific date)

BEST AVAILABLE COPY

The world of foreign prior art to you.

Translations

Equivalents
Searching

Foreign Patents

Phone: 308-0881
Fax: 308-0989
Location: Crystal Plaza 3/4
Room 2C01

PE Signature Required for RUSH:

Document Identification (Select One):

Note: Please attach a complete, legible copy of the document to be translated to this form)**

☒ Patent Document No. 2006-208448
Language Japanese
Country Code JP
Publication Date July 28, 2000
No. of Pages _____ (filled by STIC) 0

____ Article Author _____
Language _____
Country _____

____ Other Type of Document _____
Country _____
Language _____

Document Delivery (Select Preference):

____ Delivery to nearest EIC/Office Date: _____ (STIC Only)
____ Call for Pick-up Date: _____ (STIC Only)
____ Fax Back Date: _____ (STIC Only)

IC USE ONLY

____ Search
____ Processor:
____ Assigned:
____ Filled:
____ Equivalent found: _____ (Yes/No)

____ c. No.:
____ Country:
____ Marks:

Translation

Date logged in: _____
PTO estimated words: _____
Number of pages: _____
In-House Translation Available: _____
In-House: _____ Contractor: _____
Translator: _____ Name: _____
Assigned: _____ Priority: _____
Returned: _____ Sent: _____
Returned: _____

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2000-208448

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

> 1 yrs before f.c.l.

July

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

H01L 21/66

(21)Application number : 11-004288

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 11.01.1999

(72)Inventor : NAKANO HIROYUKI

overlapping → NAKADA TOSHIHIKO

SERIZAWA MASAYOSHI

SASAZAWA HIDEAKI

suspended particle limitation of

cl.12

14

15

17

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING CIRCUIT BOARD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect contamination suspending in a treating chamber by an optical system having one observing window and one unit and accurately detect weak contamination scattering lights.

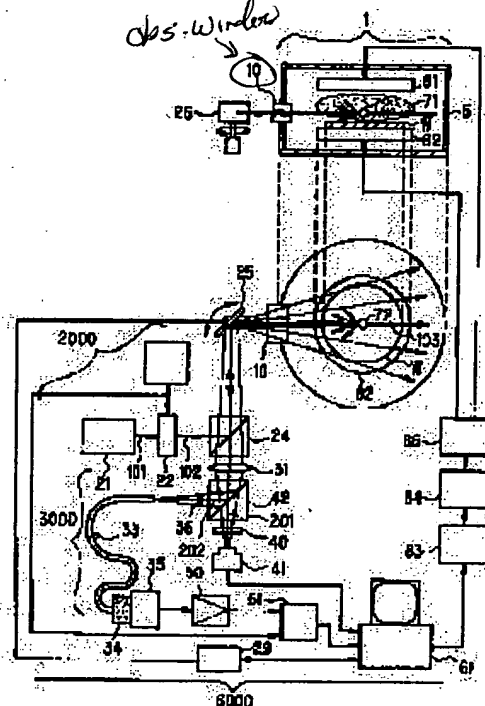
SOLUTION: In applying desired thin film forming/machining processes to a work in a treating chamber 5, and a p-polarized and intensity-modulated beam at a frequency different from the frequency of an exciting source and its multiples is emitted into the treating chamber 5 through an observing window 10 tilted at a Brewster's angle to a p-polarized input beam. A detection optical system receives and photographs back scattering lights scattered by the contamination in the treating chamber 5 to detect frequency components and wavelength components of the intensity-modulated beam from received light signals, and the number, size and distribution of the contamination are discriminated, using the detected components and photographed image information.

polar

figure

X

(11)



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-208448
(P2000-208448A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テコト (参考)
H 0 1 L 21/302		H 0 1 L 21/302	Z 4 M 1 0 6
21/66		21/66	J 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-4288

(22) 出願日 平成11年1月11日 (1999.1.11)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中野 博之

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 中田 俊彦

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100078134

弁理士 武 顕次郎

最終頁に続く

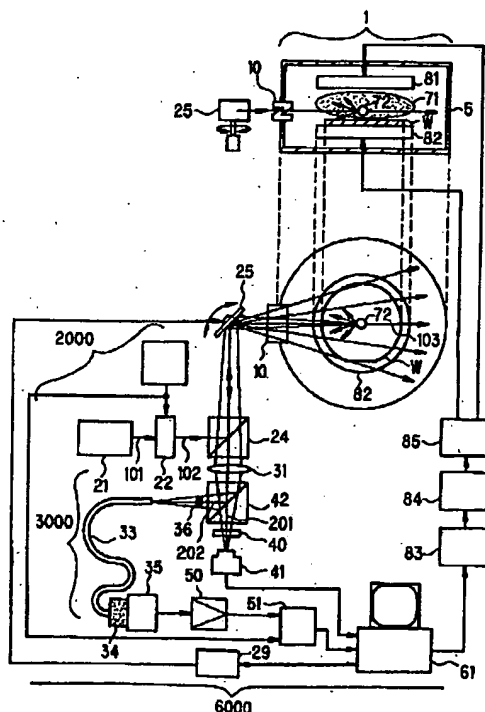
(54) 【発明の名称】 回路基板製造方法および回路基板製造装置

(57) 【要約】

【課題】 処理室内に浮遊した異物の検出を、1つの観測用窓と1つのユニットで構成された光学系によって行えるようにすること。また、微弱な異物散乱光を精度良く検出できるようにすること。

【解決手段】 処理室内の被処理体に所望の薄膜生成・加工処理を施す際に、P偏光され、かつ、励起源の周波数およびその整数倍とは異なる周波数で強度変調されたビームを、P偏光である入力ビームに対してブリュースター角をなす傾斜をもつ観測用窓を通して、処理室内へ照射する。そして、処理室内の異物によって散乱された後方散乱光を、上記同一の観測用窓を通して、検出光学系において受光および撮像し、受光信号の中から上記周波数成分、および、上記強度変調したビームの波長成分を検出し、この検出した成分および上記撮像した画像情報を用いて、異物の個数、大きさ、分布を判別する。

【図1】



【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理室内の被処理体に所望の薄膜生成または加工処理を施す際に、所望の偏光でかつ所望の周波数で強度変調した所望の波長のレーザ光を、観測用窓を通して上記処理室内に照射し、上記処理室内の異物によって散乱された後方散乱光を上記同一の観察窓を通して上記波長成分のみを波長分離して受光して、受光信号の中から上記周波数成分を検出し、この検出信号によって、少なくとも異物の個数、大きさを判定するようにしたことを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項2】 請求項1記載において、上記処理室内の異物によって散乱された上記後方散乱光を上記同一の観察窓を通して上記波長成分のみを波長分離して受光および撮像して、受光信号の中から上記周波数成分を検出し、この検出信号と上記撮像した画像とによって、異物の個数、大きさ、分布を判定するようにしたことを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項3】 請求項1または2記載において、上記観測用窓は、無反射処理されあるいは所望の傾斜が設けられていることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項4】 請求項3記載において、上記所望の偏光はP偏光であり、上記観測用窓の上記した傾斜は、P偏光である入射ビームに対してプリースター角をなす傾斜であることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項5】 請求項3記載において、上記観測用窓を通して上記処理室内に照射する照射ビームを、水平方向に回転走査するようにして、異物の2次元分布を判定するようにしたことを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項6】 請求項5記載において、上記観測用窓は、上記照射ビームの回転走査に際し、照射ビームに対し常に同一傾斜となるように湾曲した形状に形成されたことを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項7】 請求項1乃至6の何れか1つに記載において、

上記所望の周波数は、上記薄膜生成または加工処理に使用される励起源の周波数およびその整数倍とは、異なる周波数であることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項8】 請求項7記載において、上記薄膜生成または加工処理はプラズマを用いた処理であって、上記した異物散乱光を、プラズマ発光から波長並びに周波数の2つの領域で分離して検出することを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項9】 請求項1記載において、上記光の偏光は、直線偏光あるいは任意の偏光であることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項10】 請求項1乃至9の何れか1つに記載において、上記異物による上記処理室内の汚染状況をモニタしながら、

処理装置の制御を行いつつ、処理を進めることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項11】 被処理体に所望の薄膜生成または加工処理を施すための処理室内に、所望の偏光でかつ所望の周波数で強度変調した光を照射するための照射手段と、この照射手段からの光を上記処理室内に導くための、上記処理室側面に設けられた観察窓と、

この観測用窓からの反射光を実質的になくす手段もしくは低減する手段もしくは遮光する手段と、

上記処理室内の異物によって散乱された後方散乱光を、上記同一の観察窓を通して上記所望の波長成分のみを波長分離して受光する手段を含む、散乱光検出手段と、この散乱光検出手段による受光信号の中から、上記所望の周波数成分を検出し、検出信号から、少なくとも異物の個数、大きさを判定する信号処理手段と、この信号処理手段から得られた情報を表示する表示手段とを、備えたことを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項12】 請求項11記載において、上記散乱光検出手段には、上記処理室内の異物によって散乱された上記後方散乱光を、上記同一の観察窓を通して撮像する撮像手段が含まれ、

この撮像手段で撮像した画像と、上記した周波数成分の検出信号とから、上記信号処理手段は、異物の個数、大きさ、分布を判定することを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項13】 請求項11または12記載において、上記観測用窓は、無反射処理されかつ所望の傾斜が設けられていることを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項14】 請求項13記載において、上記所望の偏光はP偏光であり、上記観測用窓の上記した傾斜は、P偏光である入射ビームに対してプリースター角をなす傾斜であることを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項15】 請求項11記載において、上記照射手段には、上記観測用窓を通して上記処理室内に照射する照射ビームを、水平方向に回転走査する手段が含まれ、

上記信号処理手段は、異物の2次元分布を判定可能とすることを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項16】 請求項15記載において、上記観測用窓は、上記照射ビームの回転走査に際し、照射ビームに対し常に同一傾斜となるように湾曲した形状に形成されたことを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項17】 請求項13乃至16の記載において、上記照射手段と上記散乱光検出手段の主要光学系は1つの可動体としてユニット化され、この1つの可動ユニットは、上記観測用窓の上記した傾斜と平行に、斜めに上下動可能とされたことを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項18】 請求項11乃至17の記載において、上記所望の周波数は、上記薄膜生成または加工処理に使用される励起源の周波数およびその整数倍とは、異なる

周波数であることを特徴とする回路基板製造装置。

【請求項19】 請求項18記載において、上記薄膜生成または加工処理はプラズマを用いた処理であって、上記した異物散乱光を、プラズマ発光から波長並びに周波数の2つの領域で分離して検出することを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項20】 請求項11記載において、上記光の偏光は、直線偏光あるいは円偏光であることを特徴とする回路基板製造方法。

【請求項21】 請求項11乃至20の何れか1つに記載において、

上記信号処理手段は、上記異物による上記処理室内の汚染状況を判断する汚染状況判定手段を含み、この汚染状況判定手段の出力を処理装置の制御に反映させて、処理を進めることを特徴とする回路基板製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板や液晶基板などの回路基板の製造方法および製造装置に係り、特に、薄膜の生成（成膜）やエッチング等の加工を行う処理室（真空処理室）内に浮遊した異物を、*in-situ*計測する機能を備えた回路基板製造方法および回路基板製造に関する。

【0002】

【従来の技術】 エッチング装置を始めとして、プラズマを用いた処理が半導体製造工程や液晶表示装置用基板製造工程に広く適用されている。

【0003】 プラズマを用いた処理装置の1例として、図16に示す平行平板型プラズマエッチング装置がある。この種の装置は、図16に示すように、シグナルジェネレータ83からの高周波信号によりパワーアンプ84の出力電圧を変調し、この高周波電圧を分配器85により分配して、処理室内において互いに平行に配置した上部電極81と下部電極82の間に印加し、両電極間81、82での放電によりエッチング用ガスからプラズマ71を発生させ、その活性種で被処理体としての、例えば半導体基板（ウェハ）Wをエッチングするようになっている。高周波信号としては、例えば400kHz程度の周波数が用いられる。

【0004】 上記プラズマエッチング装置では、プラズマ処理によるエッチング反応によって生成された反応生成物が、プラズマ処理室の壁面あるいは電極に堆積し、これが時間経過に伴い、剥離して浮遊異物となることが知られている。この浮遊異物は、エッチング処理が終了しプラズマ放電が停止した瞬間に、ウェハ上に落下して付着異物となり、回路の特性不良やパターン外観不良を引き起こす。そして、最終的には、歩留まりの低下や素子の信頼性低下の原因となる。

【0005】 上記ウェハ表面に付着した異物を検査する装置は、多数報告され実用化されているが、これらは、

プラズマ処理装置から一旦ウェハを抜き出して検査を行うもので、異物が多く発生していると判った時点では、既に他のウェハの処理が進んでおり、不良の大量発生による歩留まりの低下の問題がある。また、処理後の評価では、処理室内の異物発生の分布、経時変化などは判らない。

【0006】 従って、処理室内の汚染状況を *in-situ* でリアルタイムモニタする技術が、半導体製造や液晶製造等の分野で求められている。

【0007】 処理室内で浮遊する異物の大きさは、サブミクロンから数百 μm の範囲であるが、256Mbit DRAM、さらには1Gbit DRAMへと高集積化が進む半導体の分野においては、回路パターンの最小線幅は0.25~0.18 μm と微細化の一途を辿っており、検出すべき異物の大きさもサブミクロンオーダーが要求されている。

【0008】 プラズマ処理室等の処理室（真空処理室）内に浮遊した異物をモニタする従来技術としては、特開昭57-118630号公報（従来技術1）、特開平3-25355号公報（従来技術2）、特開平3-147317号公報（従来技術3）、特開平6-82358号公報（従来技術4）、特開平6-124902号公報（従来技術5）に開示された技術が挙げられる。

【0009】 上記従来技術1には、反応空間における自己発光光のスペクトルと異なったスペクトルを有する平行光を反応空間に照射する手段と、上記平行光の照射を受けて上記反応空間において発生する微粒子からの散乱光を検出する手段とを、具備した蒸着装置が開示されている。

【0010】 また、上記従来技術2には、半導体装置用基板表面に付着した微細粒子及び浮遊している微細粒子を、レーザ光による散乱を用いて測定する微細粒子測定装置において、波長が同一で相互の位相差がある所定の周波数で変調された2本のレーザ光を発生させるレーザ光位相変調部と、上記2本のレーザ光を上記の測定対象である微細粒子を含む空間において交差させる光学系と、上記2本のレーザ光の交差された領域において測定対象である微細粒子により散乱させた光を受光し、電気信号に変換する光検出部と、この散乱光による電気信号の中で上記レーザ光位相変調部での位相変調信号と周波数が同一または2倍で、かつ上記位相変調信号との位相差が時間的に一定である信号成分を取り出す信号処理部とを、備えた微細粒子測定装置が開示されている。

【0011】 また、上記従来技術3には、コヒーレント光を走査照射して反応容器内で散乱する光をその場で発生させるステップと、上記反応容器内で散乱する光を検出するステップとを含み、それにより上記散乱光を解析することで、上記反応容器内の汚染状況を測定する技術が記載されている。

【0012】 また、上記従来技術4には、レーザ光を生

成するレーザ手段と、観測されるべき粒子を含むプラズマ処理ツールの反応室内の領域を上記レーザ光で走査するスキャナ手段と、上記領域内の粒子によって散乱したレーザ光のビデオ信号を生成するビデオカメラと、上記ビデオ信号のイメージを処理し表示する手段とを、有する粒子検出器が記載されている。

【0013】また、上記従来技術5には、プラズマ処理室内のプラズマ発生領域を観測するカメラ装置と、該カメラ装置により得られた画像を処理して目的とする情報を得るデータ処理部と、該データ処理部にて得られた情報に基づいてパーティクルを減少させるように排気手段、プロセスガス導入手段、高周波電圧印加手段及びバージガス導入手段のうち少なくとも1つを制御する制御部とを、備えたプラズマ処理装置が記載されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記した各従来技術は、処理装置の側面に設けられた観測用窓からレーザ光を照射し、対向した側面あるいはその他の側面に設けられた上記レーザ照射用観測窓とは異なる観測用窓から、レーザ前方散乱光や側方散乱光を検出するものである。したがって、これらの前方散乱光や側方散乱光を検出する方式では、照射光学系と検出光学系とが各々異なるユニットで形成され、これらを取り付ける観測用窓も2つ必要であり、また、光軸調整等も、照射・検出光学系で各々行わなければならない、取り扱いが面倒なものとなっていた。

【0015】また、通常、プラズマ処理室などの処理室の側面の観測用窓は、プラズマ発光などをモニターするためにほとんどの機種に設けられているが、この観察窓は1つのみしか備え付けられていない場合も少なくない。従って、観測用窓を2つ必要とする従来手法は、観測用窓を1つしか備えていない処理室をもつ製造装置には、適用することができないという問題がある。

【0016】さらに、前方散乱光や側方散乱光を検出する従来方式においては、処理室へ照射する照射ビームを回転走査させて、ウェハ等の被処理体の全面上の異物発生状況を観察しようとした場合には、多数の観察窓と検出光学系とを必要とし、大幅なコストアップ要因となる上、多数の観察窓や検出光学系を設けることも、スペースファクター上の制約から実際には非常に困難である。

【0017】本発明は上記の点に鑑みなされたもので、その目的とするところは、1つの観測用窓を照射光学系と検出光学系で兼用し、処理室内に浮遊した異物の検出を、1つのユニットで構成された光学系によって行えるようにすることにある。また、本発明の目的とするところは、微弱な異物散乱光を精度良く検出できる、信頼性の高い方法および装置を実現することにある。また、本発明の目的とするところは、ウェハ等の被処理体の全面上の異物発生状況を判定できる方法および装置を実現することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明においては、例えば、処理室内の被処理体に所望の薄膜生成または加工処理を施す際に、P偏光で、かつ、励起源の周波数およびその整数倍とは異なる周波数で強度変調された所望の波長のレーザビームを、P偏光である入射ビームに対してブリュースター角をなす傾斜をもつ観測用窓を通して、処理室内へ照射する。そして、処理室内の異物によって散乱された後方散乱光を、上記同一の観測用窓を通して、検出光学系において受光および撮像し、受光信号の中から上記周波数成分、および、上記強度変調したビームの波長成分を検出し、この検出した成分および上記撮像した画像情報を用いて、異物の個数、大きさ、分布を判別して、この判別結果をディスプレイ上に表示する。また、上記観測用窓を通して上記処理室内に照射する照射ビームを、水平方向に回転走査するようにして、異物の2次元分布を判定する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図1～図15を用いて説明する。なお、以下に述べる本発明の各実施形態では、プラズマドライエッチング装置に利用されている、平行平板型プラズマエッチング装置への適用例を示すが、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではなく、本発明は、スパッタ装置やCVD装置などの薄膜生成（成膜）装置、あるいは、ECRエッチング装置やマイクロ波エッチング装置、またはアッシング装置などの各種薄膜加工装置への適用が可能である。

【0020】まず、本発明の第1実施形態に係るプラズマエッチング装置を、図1～図8に基づいて説明する。図1は、本第1実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置1の構成を示す図である。

【0021】図1に示すように、エッチング処理装置1では、シグナルジェネレータ83からの高周波信号によりパワーアンプ84の出力電圧を変調し、この高周波電圧を分配器85によって分配して、処理室5内において互いに平行に配置した上部電極81と下部電極82の間に印加し、両電極間81、82での放電によりエッチング用ガスからプラズマ71を発生させ、その活性種で被処理体としての半導体基板（ウェハ）Wをエッチングする。高周波信号としては、例えば400kHzが用いられる。

【0022】上記のプラズマ中浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系2000と散乱光検出光学系3000と信号処理系6000とにより主として構成され、レーザ照明光学系2000および散乱光検出光学系3000における照射光出口部・検出光入口部は、処理室5の側面に設けられた観測用窓10に対向するように配置されている。

【0023】レーザ照明光学系2000では、まずレー

ザ21源(例えばYAGの第2次高調波レーザ;波長532nm)から出射されたS偏光ビーム101を、AO(Acousto-Optical)変調器22に入射する。AO変調器22に発振器23から出力された例えば周波数170kHz、好ましくはデューティ50%の矩形波信号を印加し、レーザビーム(S偏光ビーム)101を上記周波数で強度変調する。ここで、エッチング処理装置の電極に印加する高周波電圧を400kHzとした本実施形態では、レーザ強度変調周波数は、400kHzおよびその高調波成分800kHz、1.2MHz…とは異なる上記周波数170kHzなどが良い。理由については後で述べる。

【0024】強度変調されたビーム102は、偏光ビームスプリッタ24と、ガルバノミラー25により反射され、処理室5の側面に設けられた観測用窓10を通して処理室5内へと導かれる。ここで、ガルバノミラー25を回転させ、ビームをウェハ面に平行な面内で走査することにより、ウェハ直上全面での異物検出が可能となる。

【0025】図2の(a)に示すように、観測用窓10は、P偏光となる入射ビーム102に対してプリュスター角 θ_{B1} をなすような傾斜が設けてあり、この面での反射率は、理論上P偏光である入射ビーム102に対して零となる。ここで、プリュスター角 θ_{B1} は、 $\theta_{B1} = \tan^{-1}(n_2/n_1)$ (n_1 : 空気の屈折率、 n_2 : 観測用窓のガラス材の屈折率)で表され、レーザの波長を532nm、観測用窓10のガラス材を合成石英(532nmでの屈折率1:46)とした場合、 $\theta_{B1} = 55.6^\circ$ となる。また、同様に θ_{B2} についても、 $\theta_{B2} = 34.4^\circ$ となる。なおまた、図2の(b)に示すように、観測用窓10は、ガルバノミラー25の回転による入射ビーム102の回転走査に際し、入射ビーム102に対し常に同一傾斜となるように湾曲した形状に形成されている。

【0026】処理室5内へ導かれたビーム103は、プラズマ中の浮遊異物72により散乱される。異物散乱光のうちビーム103と同一の光軸を伝搬する後方散乱光は、観測用窓10を通過してガルバノミラー25により反射され、偏光ビームスプリッタ24へと向かう。この後方散乱光のうち、偏光ビームスプリッタ24を透過するP偏光成分のみを、結像レンズ31で集光する。

【0027】集光された散乱光は、異物の大きさおよび発生位置を特定するため、ビームスプリッタ42により2つのビーム201、202に分離し、それぞれCCDカメラ41およびバンドルファイバ33で撮像あるいは受光する。

【0028】ビームスプリッタ42を通過したビーム201は、レーザ波長(532nm)に透過中心波長を持つ干渉フィルタ40を通過し、プラズマ発光から異物散乱光を波長分離した後、CCDカメラ41で撮像され

る。図3は、散乱光をCCDカメラ41で撮像する様子を簡略化して表したもので、図3の(a)に示すように、ウェハ手前の73aとCCDカメラ41の入射面とが結像関係にあり、ウェハ中心73b、ウェハ奥73cからの散乱光の像は、デフォーカスしているため、図3の(b)に示すように、同じ異物からの散乱光に対して得られる像の大きさが異なる。従って、撮像された画像から、異物がどの位置で発生したか知るための手がかりとなる情報が得られる。ただし、大きさの異なる異物との識別ができない。そこで、異物サイズについては、次に説明する方法により得られた信号と上記撮像信号から判定する。

【0029】ビームスプリッタ42で反射されるビーム202は、結像レンズ31によりバンドルファイバ33の入射面に集光される。図4に示すように、ウェハ中央の73bとバンドルファイバ33の入射面とが結像関係になっているが、入射端面のファイバ束領域(受光領域)は、デフォーカスしたウェハ両端73a、73cからの散乱光も検出可能な大きさとなっている。従って、ウェハ手前から奥までの異物後方散乱光を同じ感度で検出できる。また、処理室5内壁で生じる散乱光は、バンドルファイバ33の受光面の手前で結像するため、その結像位置に空間フィルタ36を設置し遮光する。バンドルファイバ33の出射端は、レーザ波長に設定されたモノクロメータや干渉フィルタなどの分光器34に接続され、プラズマ発光から異物散乱光を波長分離した後、光電変換素子35で光電変換される。光電変換された検出信号は、レーザ変調周波数よりも十分広い帯域をもつアンプ50で増幅された後、ロックインアンプ51により、レーザ光の強度変調に用いた発振器23から出力された周波数170kHz、デューティ50%の矩形波信号を参照信号として同期検波され、検出信号から周波数170kHzの異物散乱光成分を抽出する。

【0030】プラズマ発光の強度はプラズマ励起周波数に同期していることを、本願発明者らは実験によって検証しており、プラズマ発光から波長分離しプラズマ励起周波数およびその整数倍と異なる上記周波数170kHzで変調・同期検波して得た異物信号は、図5に示すように、プラズマ発光から、波長・周波数2つの領域で分離され、検出される。この変調・同期検波方式により、プラズマ発光から微弱な異物散乱光を感度良く検出できることを、本願発明者らは実験的に確認している。

【0031】このように、本実施形態では、後方散乱光検出では大きな雑音となりうる観測用窓表面からの反射光および処理室内壁散乱光の影響を実質的になくし、さらに、上記変調・同期検波方式により、プラズマ中異物検出で問題となるプラズマ発光雑音から、微弱な異物散乱信号を感度良く検出できる。また、後方散乱光検出とすることで、レーザ照明光学系と散乱光検出光学系を1つのユニットで構成でき、1つの観測用窓10のみをも

つ処理装置であっても適用可能となる上、照明光学系と検出光学系とが分離したものと比較すると光軸調整等も容易となり、トータルとしての光学系がコンパクトなものになる。

【0032】ここで、浮遊異物はプラズマ・シース界面に多く存在すると言われるが、電極間隔等の処理条件によりプラズマ・シース界面の位置は異なり、かつプラズマ・シース以外にも異物は存在する。そこで、1つのユニットで構成した本レーザ照明光学系2000および散乱光検出光学系3000は、図6に示すように、観測用窓10の上記した傾斜と平行に、斜めに上下動可能であるように構成してある。かような構成をとることにより、プラズマ中の異なる高さ領域での異物検出が可能となる。

【0033】ロックインアンプ51の出力は計算機61に送られる。計算機61では、取り込んだ信号を、例えば図7の(a)に示すような形で逐一ディスプレイ上に表示する。ここで、検出信号は、アンプ50、ロックインアンプ51等で生じる電気雑音 N_E を含んでいるため、表示の際にしきい値処理を行い、図7の(b)のように、 N_E 以下の信号は0mVとし、 N_E 以上の大きさの信号のみを表示すると、異物信号の判定が容易になる。

【0034】信号処理系6000では、得られた異物信号強度とCCDカメラ41の撮像画像とから、異物の大きさ、個数、発生位置を判定する。そこで、CCDカメラ41の撮像画像については、ロックインアンプ出力に対してしきい値 I_{th} を設定し、信号強度がしきい値 I_{th} を超えたときのみ異物が発生したとみなし、像を記録する。

【0035】次に、計算機61では、予め実験により得られた粒径に対する信号強度および撮像画像データと、検出された異物信号強度および撮像画像とを比較し、異物の大きさ、発生位置、発生個数を判定し、その結果を、例えば図7の(c)に示すようにディスプレイ上に表示する。

【0036】ここで、本実施形態では、ガルバノミラー25によりビームをウェハ全面にわたって走査できる構成としたので、計算機61では、ガルバノドライバ29を介して走査信号をガルバノミラー25に送り、ビームを走査しつつ各走査位置での異物信号および画像をガルバノミラー動作に同期して取り込めば、ウェハ前後での異物発生位置に加え、図8に示すように、ウェハ面上での2次元分布を把握できる。

【0037】また、計算機61では、発生した異物の個数を計数して処理室内の汚染状況を判断し、異物発生総数が予め設定した基準値を超えたときは、エッチング処理を終了する。更にこの旨をアラームなどで操作者に知らせれば、その情報を基に、操作者は処理室クリーニングなどの作業を行うことができる。

【0038】以上のように本実施形態によれば、後方散乱光検出では大きな雑音となりうる観測用窓表面からの反射光および処理室内壁散乱光の影響を実質的になくし、さらに、上記変調・同期検波方式により、プラズマ中異物検出で問題となるプラズマ発光雑音から微弱な異物散乱信号を分離して検出するため、検出感度が向上し、従来法では検出が困難であると予想される、サブミクロンオーダーの微小異物の検出も可能となる。

【0039】また、本実施形態によれば、後方散乱光検出としたため、照射・検出光学系を1つのユニットで構成でき、取付けおよび調整が簡単で、かつ、小型な異物検出装置を構成することが可能となる。また、後方散乱光検出としたため、照射ビームを水平方向に回転走査することができ、異物の2次元分布を把握することが容易に可能となる。

【0040】さらに、本発明では、照射・検出光学系を斜め上下方向にスライドできる構成としたので、異なるプラズマ領域を観測でき、異物の上下方向の分布を知ることができる。この際、照射光学系と検出光学系が1つのユニットで構成されているため、スライドさせても照射・検出の光軸がずれることは無く、再調整の必要はない。

【0041】さらに、本実施形態によれば、ウェハ上全面で異物検出を行って、異物の個数、大きさ、分布を判定するので、操作者は、その情報をディスプレイ上でリアルタイムで確認できる。

【0042】また、本実施形態によれば、得られた異物の発生個数、大きさ、分布の情報をもとに、処理室内の汚染状況をリアルタイムで判断できるため、クリーニング時期の最適化がなされ、スループットが向上するとともに、ドカ不良の発生（一度に大量の不良が発生すること）が防止できて、歩留まりが向上する。また、処理室内の異物個数を常にモニタしながら処理を進められるため、このようにして製造された半導体基板や液晶基板は、基準値以上の異物を含まない環境で製造された、高品質で、信頼性の高い製品となる。

【0043】また、本実施形態によれば、ダミーウェハを用いた処理室の汚染状況判断や、抜き取り検査による汚染状況判断の必要がないため、ダミーウェハのコスト削減、スループットの向上がなされる。

【0044】次に、本発明の第2実施形態を、図9および図10に基づいて説明する。図9は、本第2実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置2の構成を示す図である。

【0045】本実施形態におけるプラズマ中浮遊異物計測装置は、プラズマ発光観測等の目的で、既に観測用窓11を備えたエッチング処理装置に搭載する場合を想定しており、観測用窓にプリュースター角を設けるなどの特殊な構造を持たないもの、つまり、観測用窓の表面からの反射光が多く発生する場合にも有効な、プラズマ中

浮遊異物計測装置についての実施形態である。

【0046】本実施形態においては、プラズマ中浮遊異物計測装置の照射・検出光学系のエッチング処理装置への搭載は、観測用窓11の近傍にベース板などのアタッチメントを取り付け、そのアタッチメントを介して搭載するなどの手段をとる。さらに、上記した第1実施形態と同様に、照明・検出光学系は、アタッチメント上を上下方向に移動でき、高さの異なるプラズマ領域での異物検出が可能な構成となっている。

【0047】また、上記第1実施形態では、P偏光で照射し、異物散乱光のうち照射光と直交したS偏光成分を検出する構成となっていた。しかし、一般に、散乱光は入射光と同じ偏光方向が強い。そこで、本実施形態では、入射光と同じ偏光方向成分を取り出す構成を実現する。また、観測用窓への入射ビームの偏光は、上記第1実施形態のようにP偏光に限定するものではない。

【0048】プラズマ処理室および処理方法は、上記第1実施形態と同様であるので説明を省略する。また、第1実施形態と同様に、変調・同期検波の技術を用い、異物散乱光をプラズマ発光から波長・周波数2つの領域で分離して検出し、プラズマ処理室内壁散乱光は空間フィルタにより遮光する。

【0049】本実施形態におけるプラズマ中浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系2001と散乱光検出光学系3001と信号処理系6000とで主として構成される。信号処理系6000に関しては第1実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0050】本第2実施形態では、強度変調されたP偏光ビーム102は、偏光ビームスプリッタ24を通過し、スリットの設けられた1/2波長板27のスリット部を通過した後、ガルバノミラー25を介して観測用窓11を通して処理室5内へと導かれる。1/2波長板27のスリット方向については、観測用窓反射光の光路や散乱光受光の様子を簡略化して表現した図10に示す方向である。

【0051】プラズマ71中の浮遊異物72により発生した後方散乱光は、観測用窓11を通過し、ガルバノミラー25を介して1/2波長板27へと向かう。そのうち図10中で斜線で示す1/2波長板27を通過した散乱光は、偏光方向が90°回転しS偏光となるため、偏光ビームスプリッタ24で反射され、散乱光検出光学系により検出される。一方、観測用窓11の表面および裏面からの直接反射光は、1/2波長板27のスリット部を通過するためP偏光のままで、偏光ビームスプリッタ24で反射し、散乱光検出光学系では検出されない。

【0052】ここで、観測用窓11のレーザ入射側には、入射ビームの波長、偏光および入射角に対して反射が最低になるような反射防止コートを施すことで、反射光を低減させることが可能となる。散乱光の受光・撮像については、上記第1実施形態と同様であるので説明は

省略する。

【0053】計算機61は、得られた情報をプラズマ処理装置などに出力するための端子や、プラズマ処理装置からの累積放電時間などの稼働情報を得るための入力端子を備え、第1実施形態と同様に、プラズマ中浮遊異物計測装置から得られた情報をもとに、プラズマ処理装置を監視・制御できるようになっている。

【0054】このように、本実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果が得られるだけではなく、特殊な構造を持たない観測用窓で反射光が生じるような場合でも、その影響を受けることなく、異物散乱光を検出できる。

【0055】また、本実施形態によれば、照射光と同じ偏光方向の異物散乱光を検出でき、異物散乱信号をより効率的に検出できる。

【0056】次に、本発明の第3実施形態を、図11および図12に基づいて説明する。図11は、本第3実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置2の構成を示す図である。

【0057】本実施形態におけるプラズマ中浮遊異物計測装置は、上記第2実施形態と同様に、プラズマ発光観測等の目的で、既に観測用窓11を備えたエッチング処理装置に搭載する場合を想定しており、観測用窓にプリュースター角を設けるなどの特殊な構造を持たないもの、つまり観測用窓の表面からの反射光が存在する場合にも有効な、プラズマ中浮遊異物計測装置についての実施形態である。

【0058】本実施形態においては、上記第2実施形態と同様に、プラズマ中浮遊異物計測装置の照射・検出光学系のエッチング処理装置への搭載は、観測用窓11にベース板などのアタッチメントを取り付け、そのアタッチメントを介して搭載するなどの手段をとる。さらに、上記した第1実施形態と同様に、照明・検出光学系は、アタッチメント上を上下方向に移動でき、高さの異なるプラズマ領域での異物検出が可能な構成となっている。

【0059】本実施形態が上記第2実施形態と異なるのは、円偏光照明・円偏光検出を行う点にある。

【0060】プラズマ処理室及び処理方法は、上記第1実施形態と同様であるので説明を省略する。また、第1実施形態と同様に、変調・同期検波の技術を用い、異物散乱光をプラズマ発光から波長・周波数2つの領域で分離して検出し、処理室内壁散乱光は空間フィルタで遮光する。

【0061】本実施形態におけるプラズマ中浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系2002と散乱光検出光学系3002と信号処理系6000とで主として構成される。信号処理系6000に関しては第1実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0062】上記第1、第2実施形態と同様に、強度変調されたP偏光ビーム102は、偏光ビームスプリッタ

24を通過し、1/4波長板26により円偏光ビーム104となり、ガルバノミラー25を介して観測用窓11を通して処理室5内へと導かれる。

【0063】図12は、観測用窓反射光の光路や散乱光受光の様子を、簡略化して表現した図である。図11、図12に示すように、プラズマ71中の浮遊異物72により発生した後方散乱光は、観測用窓11を通過し、ガルバノミラーを介して1/4波長板26へと向かう。再度1/4波長板26を通過した散乱光は、偏光方向が90°回転しS偏光となるため、偏光ビームスプリッタ24で反射され、散乱光検出光学系により検出される。一方、観測用窓の表面及び裏面からの直接反射光も、1/4波長板26を通過するためS偏光となり、偏光ビームスプリッタ24で反射され、散乱光検出光学系へと向かう。そこで、空間フィルタ36を結像レンズ31の手前もしくは後ろに設置し、観測用窓反射光を遮光する。

【0064】ここで、観測用窓11のレーザ入射側には、上記第1、第2実施形態と同様に、入射ビームの波長および入射角に対して反射が最低になるような反射防止コート15を施してあり、反射光を低減させることが可能となっている。

【0065】このように、本実施形態では、円偏光照明・円偏光検出により、第2実施形態と同様のプラズマ中浮遊異物計測装置を構成できる。

【0066】また、本実施形態においても、第2実施形態と同様に、信号処理系で得られた情報をプラズマ処理装置などに出力するための端子や、プラズマ処理装置からの累積放電時間などの稼働情報を得るための入力端子を備えれば、プラズマ中浮遊異物計測装置によってプラズマ処理装置を監視・制御することができる。

【0067】このように、本実施形態によれば、第2実施形態と同様に、特殊な構造を持たない観測用窓で反射光が生じるような場合でも、その影響を受けることなく、円偏光照明・円偏光検出により異物散乱光を検出できる。

【0068】また、本実施形態によれば、円偏光照明・円偏光検出を行うため、第1実施形態に比べ異物散乱光をより効率的に検出できる。

【0069】次に、本発明の第4実施形態を、図13および図14に基づいて説明する。図13は、本第4実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置2の構成を示す図である。

【0070】本実施形態におけるプラズマ中浮遊異物計測装置は、レーザ照明光学系2003と散乱光検出光学系3003と信号処理系6000とで主として構成される。

【0071】本実施形態が上記第3実施形態と異なるのは、上記第3実施形態においては、観測用窓からの反射光を空間フィルタを用いて遮光していたのに対し、本実施形態においては、直線偏光板を用いて遮光するように

した点にある。本実施形態は、上記第3実施形態と全く同様の効果を奏するものであるので、第3実施形態と異なる箇所のみ説明する。

【0072】第3実施形態と同様に、強度変調されたP偏光ビームは、偏光ビームスプリッタ24を通過し、P偏光を通過するように設置された直線偏光板28を通過した後、1/4波長板26により円偏光となり、ガルバノミラー25を介して観測用窓11を通して処理室5内へと導かれる。

【0073】図14は、観測用窓反射光の光路や散乱光受光の様子を、簡略化して表現した図である。図13、図14に示すように、プラズマ71中の浮遊異物72により発生した後方散乱光は、観測用窓11を通過し、ガルバノミラーを介して1/4波長板26へと向かう。1/4波長板26を通過した散乱光は、偏光方向が90°回転しS偏光となるため、直線偏光板28によって遮光される僅かな領域を除いては、偏光ビームスプリッタ24で反射され、散乱光検出光学系により検出される。一方、観測用窓11の表面および裏面からの直接反射光は、1/4波長板26を通過するためS偏光となり、直線偏光板28によって遮光される。従って、本実施形態においても、上記第3実施形態と同様に、観測用窓反射光は検出されない。

【0074】また、本実施形態においても、上記第2、第3実施形態と同様に、信号処理系で得られた情報をプラズマ処理装置などに出力するための端子や、プラズマ処理装置からの累積放電時間などの稼働情報を得るための入力端子を備えれば、プラズマ中浮遊異物計測装置によってプラズマ処理装置を監視・制御することができる。

【0075】このように、本実施形態によれば、上記第2、第3実施形態と同様に、特殊な構造を持たず観測用窓で反射光が生じるような場合でも、その影響を受けることなく、異物散乱光を検出できる。

【0076】また、本実施形態によれば、円偏光照明・円偏光検出を行うため、第1実施形態に比べ異物散乱光をより効率的に検出できる。

【0077】次に、本発明の第5実施形態を、図15に基づいて説明する。本第5実施形態は、先に述べたプラズマ中浮遊異物計測装置付きエッチング処理装置（プラズマエッチング処理装置）を、半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程に導入したものであり、図15は、半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程を処理の流れに沿って模式的に示した図である。

【0078】図15に示すように、まず、膜付け装置1001により、半導体ウェハ上にシリコン酸化膜等の被加工膜が形成される。次に、膜厚測定装置1002によりウェハ上複数点での膜厚が測定された後、レジスト塗布装置1003によりレジスト膜が塗布される。次に、露光装置1004により、レチクルやマスク上の所望の

回路パターンが転写される。露光された半導体ウェハは、現像装置1005で転写パターンに対応したレジスト部が除去される。

【0079】次に、エッチング処理装置（プラズマエッチング処理装置）1006では、レジストパターンをマスクとして、レジスト除去部の被加工膜がエッチングされる。エッチング処理装置1006内の異物は、プラズマ中浮遊異物計測装置1100で検出され、その信号をもとに、プラズマ中浮遊異物計測装置1100の信号処理系6000の判定部で処理室内の汚染状況が判定される。異物数が規定値を超えると、エッチング処理装置の操作者に知らされ、処理室内のクリーニングが行われる。異物数が規定値を超えない場合は、エッチング終了後、半導体ウェハはアッシング装置1007によりレジスト膜が除去された後、洗浄装置1008に送られる。

【0080】異物モニタ装置（プラズマ中浮遊異物計測装置1100）を備えないエッチング処理装置では、必ずしも適切な時間で処理室のクリーニングが行われなない。従って、本来クリーニングしなくても良い時期にクリーニングを行い、スループットを低下させたり、逆にクリーニングすべき時期を過ぎていてもかかわらず処理を続け、不良品を大量に生じさせ歩留まりを低下させることもある。また、処理室内異物チェックのためのダミーウェハによる先行作業を行い、その結果からクリーニング時期を決める方法もある。この場合、ホトリソグラフィ工程中に余分な作業が入るため、ホトリソグラフィ工程のスループットが低下し、ダミーウェハ分のコストが必要とされた。しかし、ウェハの大口径化に伴い、ダミーウェハのコストの増加は必至で、処理室内異物チェックのためのダミーウェハによる先行作業の削減も大きな問題になっている。

【0081】これに対し本実施形態によれば、処理室内の汚染状況をリアルタイムでモニタしながら被処理体の処理を行えるため、クリーニング時期の最適化が図られ、ダミーウェハによる先行作業も必要ないため、スループットが向上し、ダミーウェハのコスト削減が可能となる。また、本実施形態の工程により製造された製品は、規定値以上の異物を含まない良質の製品となる。

【0082】なお、以上の実施形態においては、エッチング処理装置への適用例について述べたが、先にも記載したように、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではなく、例えば、本発明をアッシング装置や成膜装置に適用することで、アッシング装置内および成膜装置内の異物のリアルタイムモニタリングが可能となり、以って、ホトリソグラフィ工程中のアッシング工程および成膜工程起因の不良を低減することが可能となり、不良品の発生防止と歩留まりの向上とを図ることができる。

【0083】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、後方散乱光検出としたため、照射・検出光学系を1つのユニット

で構成でき、取付けおよび調整が簡単で、小形な異物検出装置を実現できる。

【0084】また、後方散乱光検出では大きな雑音となりうる観測用窓表面からの反射光および処理室内壁散乱光を検出せず、さらに、プラズマ中異物検出で問題となるプラズマ発光雑音から微弱な異物散乱信号を分離して検出するため、検出感度が向上し、従来法では検出が困難であると予想される、サブミクロンオーダーの微小異物の検出も可能となる。

【0085】さらに、照明光を走査できる構成とし、更には照射・検出光学系を上下方向にスライドできる構成としたので、異なるプラズマ領域を観測できるとともに、ウェハ上全面で異物検出を行い、異物の個数、大きさ、分布を知ることができ、操作者は、その情報をディスプレイ上でリアルタイムで確認できる。

【0086】さらに、本発明によれば、得られた異物の発生個数、大きさ、分布の情報をもとに、処理室内の汚染状況をリアルタイムで判断できるため、クリーニング時期の最適化がなされ、スループットが向上するとともに、ドカ不良の発生を防止でき、歩留まりの向上がなされる。また、処理室内の異物個数を常にモニタしながら処理を進められるため、このようにして製造された回路基板は、基準値以上の異物を含まない高品質の信頼性の高い製品となる。

【0087】また、本発明によれば、ダミーウェハを用いた処理室の汚染状況判断や、抜き取り検査による汚染状況判断の必要がないため、ダミーウェハのコスト削減、スループットの向上がなされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置の構成を示す説明図である。

【図2】本発明の第1実施形態における、観測用窓およびレーザ光入射角度を示す説明図である。

【図3】本発明の第1実施形態における、CCDカメラによる異物散乱光の撮像の様子を示す説明図である。

【図4】本発明の第1実施形態における、バンドルファイバによる異物散乱光の受光の様子を示す説明図である。

【図5】本発明の第1実施形態における、異物散乱光のプラズマ発光からの波長・周波数分離の様子を示す説明図である。

【図6】本発明の第1実施形態における、プラズマ中浮遊異物計測装置の照明・検出光学系のスライド機能を示す説明図である。

【図7】本発明の第1実施形態における、検出信号、しきい値処理後の信号、ディスプレイへの表示例をそれぞれ示す説明図である。

【図8】本発明の第1実施形態における、検出信号、異物サイズと異物発生数、異物の2次元分布の表示例をそ

それぞれ示す説明図である。

【図9】本発明の第2実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置の構成を示す説明図である。

【図10】本発明の第2実施形態における、異物散乱光検出のための光学系の説明図である。

【図11】本発明の第3実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置の構成を示す説明図である。

【図12】本発明の第3実施形態における、異物散乱光検出のための光学系の説明図である。

【図13】本発明の第4実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置をもつエッチング処理装置の構成を示す説明図である。

【図14】本発明の第4実施形態における、異物散乱光検出のための光学系の説明図である。

【図15】本発明の第5実施形態に係る、プラズマ中浮遊異物計測装置付きエッチング処理装置を導入した、半導体製造ラインのホトリソグラフィ工程を、処理の流れに沿って模式的に示した説明図である。

【図16】平行平板型プラズマエッチング装置を示す説明図である。

【符号の説明】

1、2 エッチング処理装置

5 処理室

10、11 観測用窓

2000、2001、2002、2003 レーザ照明光学系

21 レーザ源

22 AO変調器

23 発振器

24 偏光ビームスプリッタ

25 ガルバノミラー

26 1/4波長板

27 スリット付き1/2波長板

28 直線偏光板

29 ガルバノドライバ

3000、3001、3002、3003 散乱光検出光学系

31 結像レンズ

33 バンドルファイバ

34 分光器

35 光電変換素子

36 空間フィルタ

40 干渉フィルタ

41 CCDカメラ

42 ビームスプリッタ

50 アンプ

51 ロックインアンプ

6000 信号処理系

61 計算機

64a、64b、64c 異物信号

W ウェハ

71 プラズマ

72 浮遊異物

81 上部電極

82 下部電極

83 シグナルジェネレータ

84 パワーアンプ

85 分配器

1001 膜付け装置

1002 膜厚測定装置

1003 レジスト膜塗布装置

1004 露光装置

1005 現像装置

1006 エッチング装置

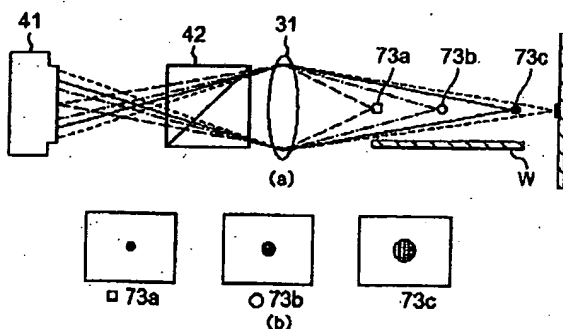
1007 アッシング装置

1008 洗浄装置

1100 プラズマ中浮遊異物計測装置

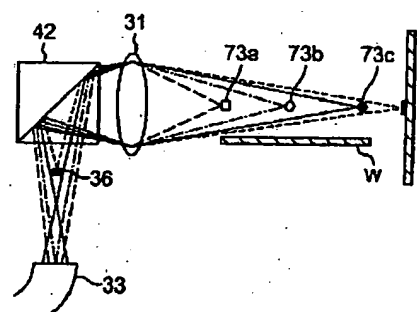
【図3】

【図3】



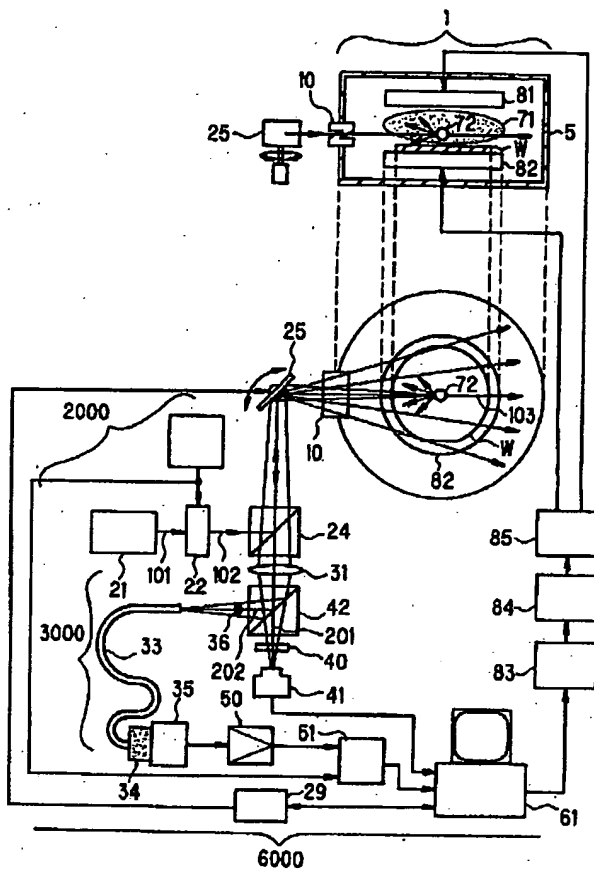
【図4】

【図4】



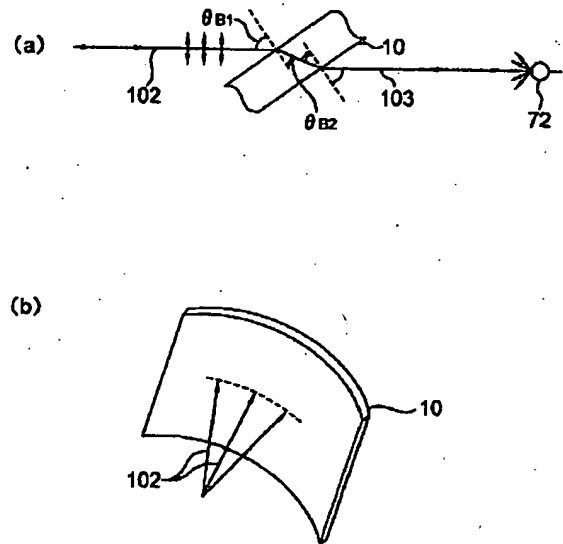
【図1】

【図1】



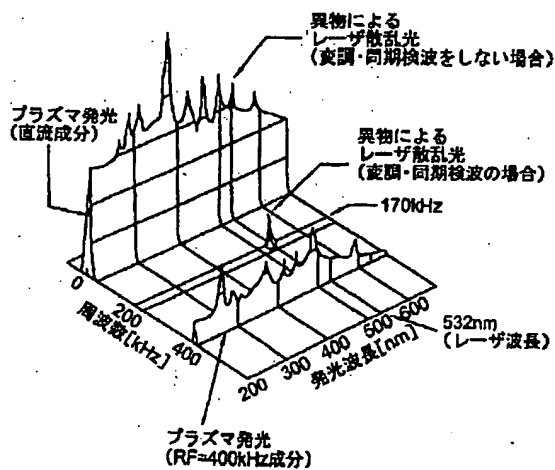
【図2】

【図2】



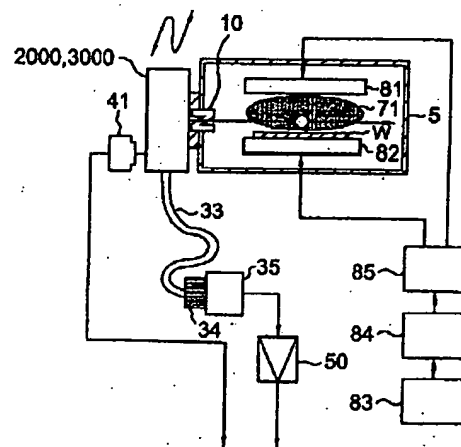
【図5】

【図5】



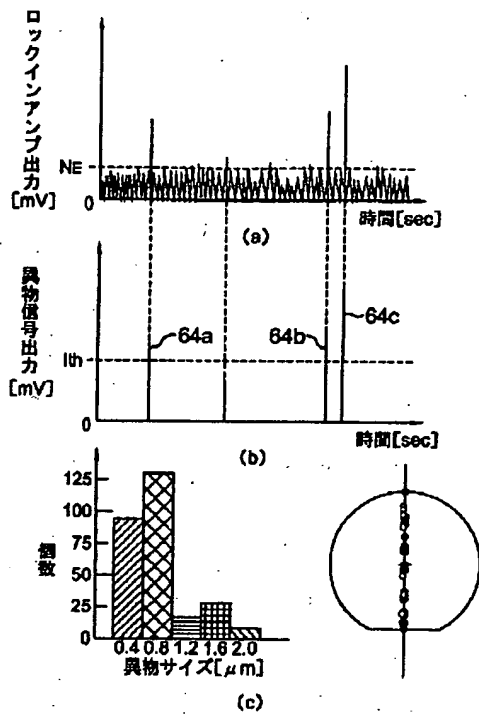
【図6】

【図6】



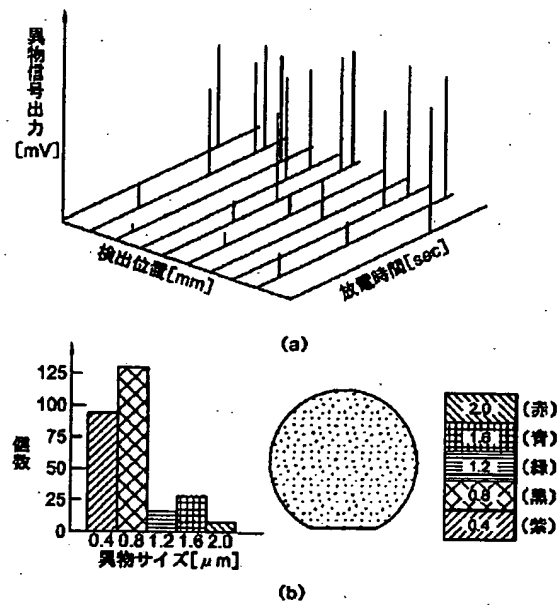
【図7】

【図7】



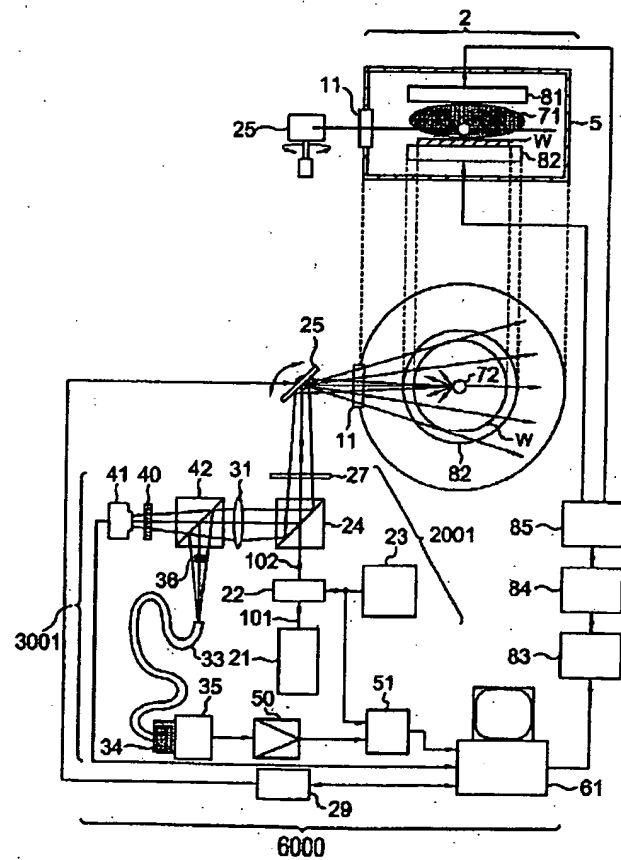
【図8】

【図8】



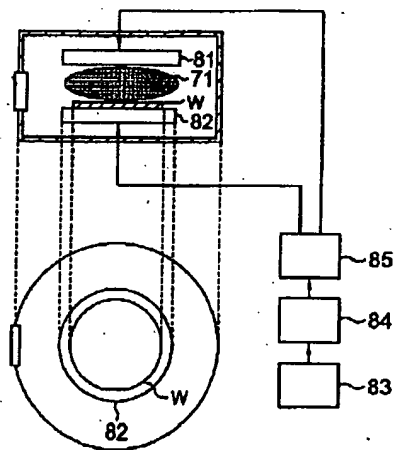
【図9】

【図9】



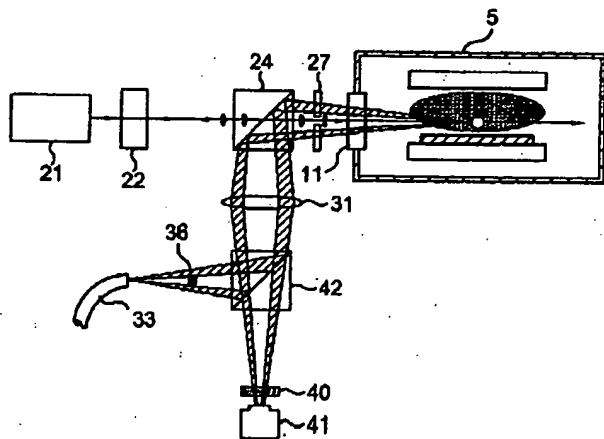
【図16】

【図16】



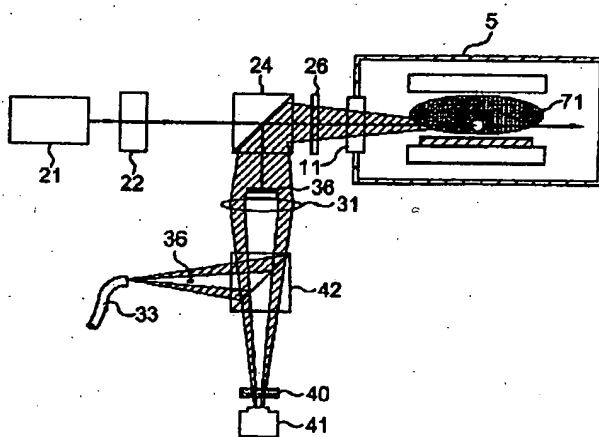
【図10】

【図10】



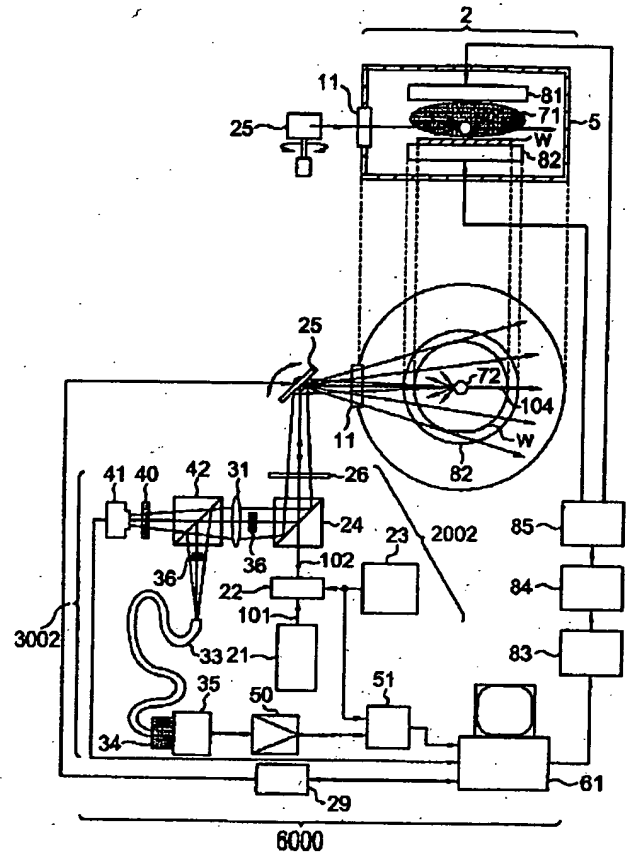
【図12】

【図12】



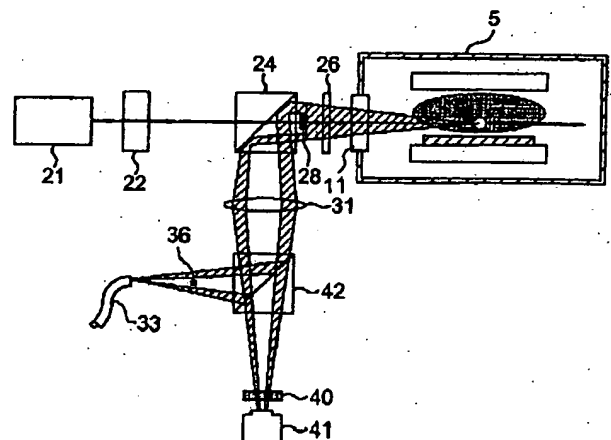
【図11】

【図11】



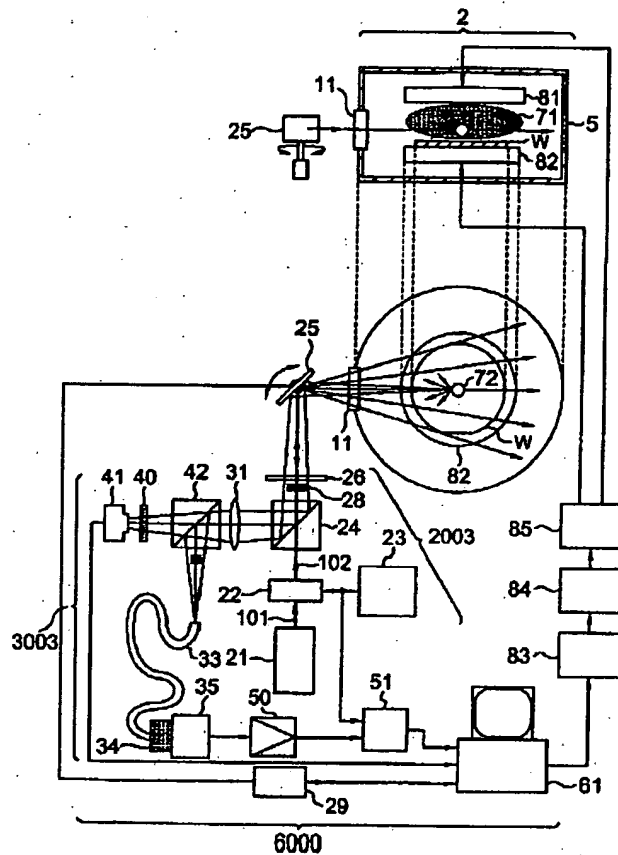
【図14】

【図14】



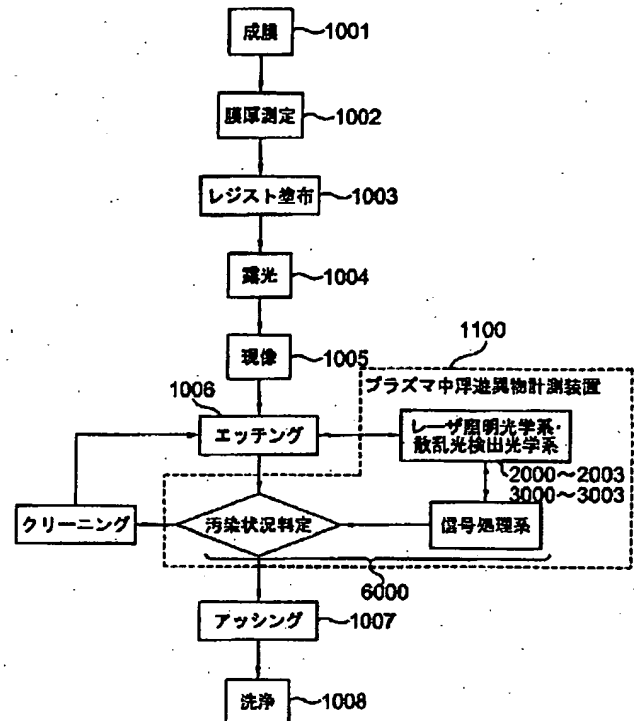
【図13】

【図13】



【図15】

【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 芹澤 正芳

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 笹澤 秀明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株
式会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 4M106 AA20 BA05 BA06 CA41 CA42

CA43 DB01 DB03 DB04 DB08

DB21 DJ17 DJ20 DJ24

5F004 AA16 BA04 BD01 CB09